

19.12.03

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

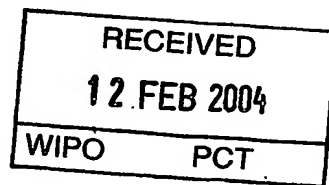
This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 5 月 1 2 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 1 3 2 5 4 4
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 3 2 5 4 4]

出 願 人
Applicant(s): 三 菱 電 機 株 式 会 社

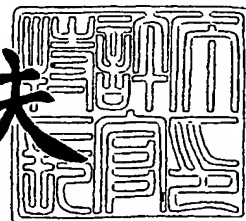
PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



2 0 0 4 年 1 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 545255JP01

【提出日】 平成15年 5月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04J 11/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目 2 番 3 号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 井戸 純

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089233

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 茂明

【選任した代理人】

【識別番号】 100088672

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉竹 英俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100088845

【弁理士】

【氏名又は名称】 有田 貴弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】

図面 1

【物件名】

要約書 1

【プルーフの要否】

要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 直交周波数分割多重信号の復調装置及び復調方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 特定のサブキャリア成分を用いてパイロット信号を送信する直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記直交周波数分割多重信号をフーリエ変換により複数のサブキャリア成分に変換するフーリエ変換部と、

前記フーリエ変換部から出力された複数の前記サブキャリア成分から複数の前記パイロット信号を抽出するパイロット抽出部と、

送信前の前記パイロット信号である既知信号を生成する既知信号生成部と、

前記パイロット抽出部から出力された複数の前記パイロット信号を、前記既知信号生成部から出力された前記既知信号で除算することにより前記パイロット信号の伝送路特性を算出する第 1 除算部と、

前記第 1 除算部から出力された前記パイロット信号の前記伝送路特性を時間方向に内挿し、前記パイロット信号と同一周波数成分を持つ前記サブキャリア成分の伝送路特性を算出する時間内挿フィルタ部と、

前記第 1 除算部から出力された前記パイロット信号の前記伝送路特性から伝送路の遅延プロファイルを推定し、前記遅延プロファイルに基づいて最大遅延時間に比例したフィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例したタイミングオフセット調整信号とを出力する第 1 遅延プロファイル推定部と、

前記第 1 遅延プロファイル推定部から出力された前記タイミングオフセット調整信号と前記直交周波数分割多重信号に基づいて、前記フーリエ変換部において前記直交周波数分割多重信号をフーリエ変換するためのタイミング情報を生成する第 1 タイミング同期部と、

前記時間内挿フィルタ部から出力された前記サブキャリア成分の前記伝送路特性を周波数方向に内挿し、前記第 1 遅延プロファイル推定部から出力された前記フィルタ帯域制御信号に基づいて通過帯域が制限された前記サブキャリア成分の前記伝送路特性を算出する周波数内挿フィルタ部と、

前記フーリエ変換部から出力された複数の前記サブキャリア成分を所定量遅延

させる第1遅延調整部と、

前記第1遅延調整部により遅延調整された複数の前記サブキャリア成分を前記周波数内挿フィルタ部から出力された前記サブキャリア成分に対応する前記伝送路特性で除算することにより、複数の前記サブキャリア成分の振幅及び位相を補正する第2除算部と、

前記第2除算部から出力された複数の前記サブキャリア成分に基づいて送信データを再生するデータ再生部とを備えたことを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項2】 請求項1に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記第1遅延プロファイル推定部に代え、前記時間内挿フィルタ部から出力された前記パイロット信号と同一周波数成分を持つ前記サブキャリア成分の前記伝送路特性から伝送路の前記遅延プロファイルを推定し、前記遅延プロファイルに基づいて最大遅延時間に比例した前記フィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例した前記タイミングオフセット調整信号とを出力する第2遅延プロファイル推定部を備え、

前記第1タイミング同期部は、前記第2遅延プロファイル推定部から出力された前記タイミングオフセット調整信号と前記直交周波数分割多重信号に基づいて、前記フーリエ変換部において前記直交周波数分割多重信号をフーリエ変換するためのタイミング情報を生成することを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項3】 請求項1に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記第1遅延プロファイル推定部は、前記パイロット信号の前記伝送路特性を周波数の高低順に並べる信号ソート部と、

前記信号ソート部から出力された前記パイロット信号の前記伝送路特性を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部と、

前記逆フーリエ変換部から出力された信号の振幅を算出し前記遅延プロファイルを推定する相対レベル演算部と、

相対レベル演算部から出力された前記遅延プロファイルが所定の閾値以上の場合に、前記直交周波数分割多重信号に含まれるガード期間の最後尾を同期基準タイミングとし、前記同期基準タイミングからの遅延時間を出力する第1到来波判定部と、

前記第1到来波判定部から出力された前記遅延時間のうち最大遅延時間に比例した前記フィルタ帯域制御信号を出力する最大遅延時間演算部と、

前記第1到来波判定部から出力された前記遅延時間のうち最小遅延時間に比例した前記タイミングオフセット調整信号を出力する同期タイミングオフセット演算部とを備えることを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項4】 請求項2に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記第2遅延プロファイル推定部は、前記パイロット信号と同一周波数成分を持つ前記サブキャリア成分の前記伝送路特性を周波数の高低順に並べる信号ソート部と、

前記信号ソート部から出力された前記パイロット信号と同一周波数成分を持つ前記サブキャリア成分の前記伝送路特性を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部と、

前記逆フーリエ変換部から出力された信号の振幅を算出し前記遅延プロファイルを推定する相対レベル演算部と、

相対レベル演算部から出力された前記遅延プロファイルが所定の閾値以上の場合に、前記直交周波数分割多重信号に含まれるガード期間の最後尾を同期基準タイミングとし、前記同期基準タイミングからの遅延時間を出力する第1到来波判定部と、

前記第1到来波判定部から出力された前記遅延時間のうち最大遅延時間に比例した前記フィルタ帯域制御信号を出力する最大遅延時間演算部と、

前記第1到来波判定部から出力された前記遅延時間のうち最小遅延時間に比例した前記タイミングオフセット調整信号を出力する同期タイミングオフセット演算部とを備えることを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項 5】 請求項 3 又は請求項 4 に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記相対レベル演算部は、前記逆フーリエ変換部から出力された信号の振幅の 2 乗を算出し前記遅延プロファイルを推定することを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項 6】 請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記第 1 タイミング同期部は、前記直交周波数分割多重信号に対しフーリエ変換を行うデータ区間長だけ遅延させる有効シンボル長遅延部と、

前記直交周波数分割多重信号と前記有効シンボル長遅延部から出力された遅延した前記直交周波数分割多重信号との相関を演算する自己相関演算部と、

前記自己相関演算部から出力された相関信号に対して、所定の区間長の移動平均を演算する移動平均演算部と、

前記移動平均演算部から出力された移動平均値の最大値を検出し、フーリエ変換の初期タイミング情報を生成する相関最大位置検出部と、

前記タイミングオフセット調整信号に基づいて前記初期タイミング情報をオフセットして前記フーリエ変換部に与える前記タイミング情報を生成するタイミングオフセット調整部とを備えることを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記第 1 タイミング同期部に代えて、直交周波数分割多重信号のみに基づいてフーリエ変換を行うタイミング情報を生成する第 2 タイミング同期部を備え、

さらに、前記フーリエ変換部から出力された複数の前記サブキャリア成分に対し、前記サブキャリア成分ごとに位相回転を与える位相回転部と、

前記第 1 遅延プロファイル推定部又は前記第 2 遅延プロファイル推定部から出力された前記タイミングオフセット調整信号に基づいて、前記位相回転部で与える前記サブキャリア成分ごとの位相回転量を算出する位相調整量算出部とを備え

前記パイロット抽出部は、前記位相回転部から出力された複数の前記サブキャリア成分から複数の前記パイロット信号を抽出し、

前記第1遅延調整部は、前記位相回転部から出力された複数の前記サブキャリア成分を所定量遅延させることを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項8】 請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

同期基準タイミングが前記直交周波数分割多重信号に含まれるガード期間の最後尾以外に設けられている場合に、前記フーリエ変換部から出力された複数の前記サブキャリア成分に対し、前記サブキャリア成分ごとに固定値の位相回転量を与える固定位相回転部をさらに備え、

前記パイロット抽出部は、前記固定位相回転部から出力された複数の前記サブキャリア成分から複数の前記パイロット信号を抽出し、

前記第1遅延調整部は、前記固定位相回転部から出力された複数の前記サブキャリア成分を所定量遅延させることを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項9】 特定のサブキャリア成分を用いてパイロット信号を送信する直交周波数分割多重信号の復調方法であって、

前記直交周波数分割多重信号をフーリエ変換により複数のサブキャリア成分に変換するフーリエ変換処理工程と、

前記フーリエ変換処理工程で得られた複数の前記サブキャリア成分から複数の前記パイロット信号を抽出するパイロット信号抽出処理工程と、

送信前の前記パイロット信号である既知信号を生成する既知信号生成処理工程と、

前記パイロット信号抽出処理工程で得られた複数の前記パイロット信号を、前記既知信号生成処理工程で得られた前記既知信号で除算することにより前記パイロット信号の伝送路特性を算出する第1除算処理工程と、

前記第1除算処理工程で得られた前記パイロット信号の前記伝送路特性を時間

方向に内挿し、前記パイロット信号と同一周波数成分を持つ前記サブキャリア成分の伝送路特性を算出する時間内挿フィルタ処理工程と、

前記第 1 除算処理工程で得られた前記パイロット信号の前記伝送路特性から伝送路の遅延プロファイルを推定し、前記遅延プロファイルに基づいて最大遅延時間に比例したフィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例したタイミングオフセット調整信号とを出力する第 1 遅延プロファイル推定処理工程と、

前記第 1 遅延プロファイル推定処理工程で得られた前記タイミングオフセット調整信号と前記直交周波数分割多重信号に基づいて、前記フーリエ変換処理工程において前記直交周波数分割多重信号をフーリエ変換するためのタイミング情報を生成する第 1 タイミング同期処理工程と、

前記時間内挿フィルタ処理工程で得られた前記サブキャリア成分の前記伝送路特性を周波数方向に内挿し、前記第 1 遅延プロファイル推定処理工程で得られた前記フィルタ帯域制御信号に基づいて通過帯域が制限された前記サブキャリア成分の前記伝送路特性を算出する周波数内挿フィルタ処理工程と、

前記フーリエ変換処理工程で得られた複数の前記サブキャリア成分を所定量遅延させる第 1 遅延調整処理工程と、

前記第 1 遅延調整処理工程により遅延調整された複数の前記サブキャリア成分を前記周波数内挿フィルタ処理工程で得られた前記サブキャリア成分に対応する前記伝送路特性で除算することにより、複数の前記サブキャリア成分の振幅及び位相を補正する第 2 除算処理工程と、

前記第 2 除算処理工程で得られた複数の前記サブキャリア成分に基づいて送信データを再生するデータ再生処理工程とを備えたことを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調方法。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の直交周波数分割多重信号の復調方法であって、

前記第 1 遅延プロファイル推定処理工程に代え、前記時間内挿フィルタ処理工程で得られた前記パイロット信号と同一周波数成分を持つ前記サブキャリア成分の前記伝送路特性から伝送路の前記遅延プロファイルを推定し、前記遅延プロファイルに基づいて最大遅延時間に比例した前記フィルタ帯域制御信号と最小遅延

時間に比例した前記タイミングオフセット調整信号とを出力する第2遅延プロフィール推定処理工程を備え、

前記第1タイミング同期処理工程は、前記第2遅延プロフィール推定処理工程で得られた前記タイミングオフセット調整信号と前記直交周波数分割多重信号に基づいて、前記フーリエ変換処理工程において前記直交周波数分割多重信号をフーリエ変換するためのタイミング情報を生成することを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、直交周波数分割多重信号の復調装置及び復調方法に係る発明であって、特に、不要な雑音成分を抑圧して復調後の誤り率を軽減することができる直交周波数分割多重信号の復調装置及び復調方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の直交周波数分割多重信号の復調装置は、フーリエ変換回路で直交周波数分割多重信号をフーリエ変換し、これと同期するパイロット信号をパイロット発生回路で発生させる。フーリエ変換後のフーリエ変換信号は、除算器によりパイロット信号で除算することでパイロット信号の伝送に用いたサブキャリア成分に対する伝送路特性を算出することができる。一方、フーリエ変換前の直交周波数分割多重信号から受信信号中の遅延波成分の最大遅延時間を遅延時間算出回路で算出する。また、フーリエ変換前の直交周波数分割多重信号から伝送路特性の時間変動の大きさをドップラー周波数算出回路で算出する。

【0003】

この算出結果に基づき除算器の出力である伝送路特性を帯域可変フィルタでフィルタリングし、全サブキャリア成分に対する伝送路特性を算出する。さらにフーリエ変換後のフーリエ変換信号を帯域可変フィルタからの出力で除算することで復調信号を得る。このような従来の直交周波数分割多重信号の復調装置は、特許文献1に詳しく記載されている。

【0004】

【特許文献1】

特開平10-75226号公報（第3-7頁、第1-10図）

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記のような直交周波数分割多重信号の復調装置では、伝送路特性の周波数方向へのフィルタリングの際に、遅延波の最大遅延時間のみを考慮してフィルタリングを行うが、フーリエ変換を行うタイミング情報については考慮せずにフィルタリングを行っていた。そのため、帯域可変フィルタの通過帯域は、不必要に広帯域となり本体の信号以外の雑音を増加させることとなる。よって、従来の直交周波数分割多重信号の復調装置では、十分な雑音抑圧効果が得られず、復調後の誤り率を十分に軽減できないという問題点があった。

【0006】

そこで本発明は、上述のような課題を解消するためになされたもので、推定した遅延プロファイルを利用して内挿フィルタの通過帯域と、フーリエ変換を行うタイミングを制御し、不必要な雑音成分を抑圧して各サブキャリア成分の復調を行うことにより、復調後の誤り率を軽減することができる直交周波数分割多重信号の復調装置及び復調方法を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る解決手段は、特定のサブキャリア成分を用いてパイロット信号を送信する直交周波数分割多重信号の復調装置であって、直交周波数分割多重信号をフーリエ変換により複数のサブキャリア成分に変換するフーリエ変換部と、フーリエ変換部から出力された複数のサブキャリア成分から複数のパイロット信号を抽出するパイロット抽出部と、送信前のパイロット信号である既知信号を生成する既知信号生成部と、パイロット抽出部から出力された複数のパイロット信号を、既知信号生成部から出力された既知信号で除算することによりパイロット信号の伝送路特性を算出する第1除算部と、第1除算部から出力されたパイロット信号の伝送路特性を時間方向に内挿し、パイロット信号と同一周波数成分を持つ

サブキャリア成分の伝送路特性を算出する時間内挿フィルタ部と、第1除算部から出力されたパイロット信号の伝送路特性から伝送路の遅延プロファイルを推定し、遅延プロファイルに基づいて最大遅延時間に比例したフィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例したタイミングオフセット調整信号とを出力する第1遅延プロファイル推定部と、第1遅延プロファイル推定部から出力されたタイミングオフセット調整信号と直交周波数分割多重信号に基づいて、フーリエ変換部において直交周波数分割多重信号をフーリエ変換するためのタイミング情報を生成する第1タイミング同期部と、時間内挿フィルタ部から出力されたサブキャリア成分の伝送路特性を周波数方向に内挿し、第1遅延プロファイル推定部から出力されたフィルタ帯域制御信号に基づいて通過帯域が制限されたサブキャリア成分の伝送路特性を算出する周波数内挿フィルタ部と、フーリエ変換部から出力された複数のサブキャリア成分を所定量遅延させる第1遅延調整部と、第1遅延調整部により遅延調整された複数のサブキャリア成分を周波数内挿フィルタ部から出力されたサブキャリア成分に対応する伝送路特性で除算することにより、複数のサブキャリア成分の振幅及び位相を補正する第2除算部と、第2除算部から出力された複数のサブキャリア成分に基づいて送信データを再生するデータ再生部とを備える。

【0008】

【発明の実施の形態】

以下、本発明をその実施の形態を示す図面に基づいて具体的に説明する。

【0009】

（実施の形態1）

まず、本発明を理解するために必要な知識として、直行周波数分割多重信号方式の伝送技術について説明する。直交周波数分割多重信号方式は、互いに周波数が直交する複数の搬送波（以下、「サブキャリア成分」ともいう）を用いて送信装置において送信データを変調して伝送し、受信装置において送信データを受信して復調する伝送方式である。

【0010】

直交周波数分割多重信号方式を用いたシステムでは、送信装置において送信デ

ータを各サブキャリア成分の変調方式に応じた信号点配置に割り振る。具体的に送信装置では、逆フーリエ変換を行い互いに周波数が直交する複数のサブキャリア成分を多重化して信号を生成している。その後、送信装置では、多重化した信号の最後尾の一部をガード区間として、多重化した信号の先頭に付加する。そして、送信装置は、所定の周波数帯域に周波数変換して送信する。

【0011】

一方、受信装置は、受信した信号を所定の周波数帯域に周波数変換し、ガード区間の位置を特定して同期を確立する。その後、受信装置は、受信した信号に対しフーリエ変換を行って各サブキャリア成分を算出し、この各サブキャリア成分を復調して送信データとして再生する。

【0012】

一般的なサブキャリア成分の復調は、フーリエ変換出力における振幅及び位相の変化量を算出し、その結果に基づいて送信時の信号点配置を再生する。そして、一般的なサブキャリア成分の復調では、振幅及び位相の変化量の算出を補助するために、特定のサブキャリア成分を使って既知信号であるパイロット信号を送信する方式が広く用いられている。例えば、日本における地上波デジタルTV放送方式では、周波数方向12個のサブキャリア成分に1個の割合で、また、時間方向には4シンボルに1シンボルの割合でパイロット信号が挿入されている。そのため、受信装置ではパイロット信号に基づいて振幅及び位相の変化量を算出し、サブキャリア成分の復調を行っている。なお、日本における地上波デジタルTV放送方式では、パイロット信号をスキッタード・パイロット信号と呼んでいる。

【0013】

図1は、本実施の形態に係る直交周波数分割多重信号の復調装置を示すブロック図である。図1において、フーリエ変換部1は受信した直交周波数分割多重信号を所定の信号帯域に周波数変換した信号（以下、「S1」ともいう）を、第1タイミング同期部2から入力されるタイミング情報に基づいてフーリエ変換する。フーリエ変換部1から出力されたサブキャリア成分は、一部がパイロット抽出部3に入力される。パイロット抽出部3においては、サブキャリア成分に含まれるパイロット信号が抽出される。ここで、パイロット信号は、受信装置において

既知信号であるため、受信装置内で発生させた既知信号（送信される前のパイロット信号）と比較することでパイロット信号における伝送路特性を算出することができる。具体的には、既知信号生成部 4 において、パイロット抽出部 3 の出力に同期したタイミングで既知信号が発生し、第 1 除算部 5 で、パイロット抽出部 3 から出力されたパイロット信号を既知信号生成部 4 で発生した既知信号で除算することで、各パイロット信号における伝送路特性を算出する。算出した伝送路特性は、パイロット信号に対してのみ得られるので、全てのサブキャリア成分に対して伝送路特性を得るには、フィルタリングによる内挿処理が必要となる。

【0014】

ここで、日本における地上波デジタルTV放送方式を例に、パイロット信号について説明する。図 2 は、本実施の形態に係るパイロット信号の配置図を示したものである。図 2 では、横方向が周波数方向、縦方向が時間方向を示し、黒丸がパイロット信号、白丸がサブキャリア成分をそれぞれ表している。また、実線で囲まれた部分が k 番目のサブキャリアを、破線で囲まれた部分が i 番目のシンボルをそれぞれ表し、実線で囲まれた部分と破線で囲まれた部分とが交差する部分が i 番目のシンボルにおける k 番目のサブキャリア成分を表している。図 2 に示すようにパイロット信号は、周波数方向に 12 個のサブキャリア成分に 1 個の割合で、また、時間方向には 4 シンボルに 1 シンボルの割合で挿入されており、挿入される周波数位置は 4 シンボル周期で変化している。従って、このパイロット信号から得られる伝送路特性から全てのサブキャリア成分に対する伝送路特性を算出するには、一般に時間方向と周波数方向の内挿処理が必要となる。

【0015】

そこで、第 1 の除算部 5 から出力されたパイロット信号の伝送路特性に対し、時間内挿フィルタ部 6 で時間方向の内挿処理を行う。時間内挿された伝送路特性は、パイロット信号が存在する同一周波数の各サブキャリア成分の伝送路特性を与える。

【0016】

第 1 除算部 5 からの出力はパイロット信号の伝送路特性であり、このパイロット信号の伝送路特性を用いて、送信装置からフーリエ変換部 1 の出力に至るまで

の伝送路の遅延プロファイルを推定することができる。ここで、遅延プロファイルとは、送信装置からフーリエ変換部 1 の出力に至るまでの伝送路において受信される信号の遅延時間対受信電力である。そこで、第 1 遅延プロファイル推定部 7 では、第 1 除算部 5 の出力から伝送路の遅延プロファイルを推定する。

【0017】

次に、第 1 遅延プロファイル推定部 7 について説明する。フーリエ変換部 1 の出力である各サブキャリア成分の振幅及び位相は、伝送路におけるマルチパスや、受信装置における位相雑音、残留周波数誤差だけでなく、フーリエ変換を行うタイミングにも依存する。図 3 は、本実施の形態に係るフーリエ変換を行うタイミングとパイロット信号の伝送路特性との関係を示した模式図である。まず、簡単のため、受信装置までの到来時間が異なる 2 つの到来波を受信したと仮定する。各到来波が加算された信号が受信波となるため、隣接シンボル間の干渉（以下、「シンボル間干渉」ともいう）が発生しないようなタイミングでフーリエ変換を行う必要がある。ここで、フーリエ変換を行うタイミングは、同期タイミングと呼ばれる。

【0018】

図 3 (a) では、ガード区間と i 番目のシンボルからなる到来波 1 及び到来波 2 とが異なる到来時間で受信される様子が示されている。これら到来波 1 及び到来波 2 が加算された信号として、図 3 (a) に受信波が図示されているが、前後の網掛け部分は、シンボル間干渉の部分である。そのため、隣接するシンボルと干渉することがないフーリエ変換を行うデータ区間は、例えば、図 3 (a) に示されているようなデータ区間 1、データ区間 2 及びデータ区間 3 がある。なお、データ区間の位置は同期タイミングにより決定される。例えば、データ区間 1 の場合、シンボル間干渉との境界に同期タイミングを設けている。またデータ区間 3 の場合は、同期タイミングを到来波 1 のガード区間の最後尾に設けられている。そして、このデータ区間 3 の最後尾は、シンボル間干渉との境界に位置している。このように、同期タイミングは唯一決定されるものではなく、到来波の到来時間差に依存した時間範囲以内であれば良い。

【0019】

次に、図3 (a) で、到来波1のガード区間の最後尾を同期タイミングの基準位置（以下、「同期基準タイミング」ともいう）とする。これにより、データ区間1をフーリエ変換して得られる信号に対する伝送路特性のスペクトルを図3 (b) に示す。また、データ区間2をフーリエ変換して得られる信号に対する伝送路特性のスペクトルを図3 (c) に示す。さらに、データ区間3をフーリエ変換して得られる信号に対する伝送路特性のスペクトルを図3 (d) に示す。図3 (b), (c), (d) は横軸を同期基準タイミングに対する遅延時間を表し、縦軸は到来波の振幅を表している。

【0020】

図3 (b) では、データ区間1の同期タイミングと同期基準タイミングとの差 a が、同期基準タイミングに対する遅延時間となり、到来波1のスペクトルが遅延時間 a の位置に現れる。同様に、図3 (c) では、データ区間2の同期タイミングと同期基準タイミングとの差 b が、同期基準タイミングに対する遅延時間となり、到来波1のスペクトルが遅延時間 b の位置に現れる。また、データ区間3の場合、同期タイミングが同期基準タイミングと一致しているため、到来波1のスペクトルが遅延時間0の位置に、到来波2のスペクトルが到来波の到来時間差に相当する量だけ離れた位置に現れる。なお、データ区間1及びデータ区間2の場合も、到来波2のスペクトルは到来波1のスペクトルから到来波の到来時間差に相当する量だけ離れた位置に現れる。

【0021】

一方、パイロット信号に対する伝送路特性から全サブキャリア成分の伝送路特性を算出する際に必要となる内挿フィルタのうち、周波数方向の内挿フィルタは、到来波成分が通過する通過帯域があれば十分であり、帯域が不必要に広い場合、不要な雑音成分もフィルタを通過して復調の性能が劣化する。従って、周波数方向の内挿フィルタの通過帯域を必要最小限に狭帯域にするためには、同期タイミングの最適化と、その結果得られたフーリエ変換の出力に対する周波数方向の内挿フィルタの最適化が有効となる。

【0022】

そこで、第1遅延プロファイル推定部7の構成について、図4に基づいて説明

する。ここで、図4は、本実施の形態に係る第1遅延プロファイル推定部7のブロック図である。まず、信号ソート部71において、第1除算部5から出力されたパイロット信号の伝送路特性を周波数の高低順に並べる。そして、逆フーリエ変換部72において、高低順に並べたパイロット信号の伝送路特性に対して逆フーリエ変換を行う。次に、相対レベル演算部73において、逆フーリエ変換後の各伝送路特性の振幅又は振幅の2乗値を演算する。ここで、相対レベル演算部73の出力は、遅延プロファイルに相当する。そして、第1到来波判定部74において、所定の閾値よりも大きな成分を到来波成分と判定し、その成分の存在する位置情報を同期基準タイミングとの相対値である遅延時間として出力する。ただし、本実施の形態における同期基準タイミングは、最も先行する到来波（図3（a）では到来波1）におけるガード区間の最後尾を意味する。そのため、遅延時間0の到来波はフーリエ変換部1が同期基準タイミングでフーリエ変換した場合、最も遅延時間の小さい到来波として検出される。

【0023】

次に、最大遅延時間演算部75では、第1到来波判定部74から出力された遅延時間のうち、最も遅延時間の大きな到来波成分を判定し、その遅延時間に比例する信号（以下、「フィルタ帯域制御信号」ともいう）を出力する。また、同期タイミングオフセット演算部76では、第1到来波判定部74から出力された遅延時間のうち、最も遅延時間の小さな到来波成分を判定し、その遅延時間に比例する信号（以下、「タイミングオフセット調整信号」ともいう）を出力する。

【0024】

最大遅延時間演算部75の出力は周波数内挿フィルタ部8に入力され、同期タイミングオフセット演算部76の出力は第1タイミング同期部2に入力される。周波数内挿フィルタ部8では、時間内挿フィルタ部6から出力されたパイロット信号が存在する同一周波数の各サブキャリア成分の伝送路特性が入力される。このサブキャリア成分の伝送路特性に対して、周波数内挿フィルタ部8は最大の遅延時間の到来波が通過するのに必要な通過帯域を持つ内挿フィルタを生成し、この内挿フィルタに基づいて周波数方向の内挿処理を行う。これにより周波数内挿フィルタ部8から出力された伝送路特性は、全てのサブキャリア成分に対する伝

送路特性となる。

【0025】

次に、第1タイミング同期部2では、S1及び同期タイミングオフセット演算部76からの出力に応じてフーリエ変換を行うタイミング情報を生成し、同期タイミング信号としてフーリエ変換部1に出力する。以下、第1タイミング同期部2について説明する。図5は、本実施の形態に係る第1タイミング同期部2のブロック図である。第1タイミング同期部2では、ガード区間が受信信号の最後尾をコピーしたものであることを利用し、受信信号の自己相関が最も大きくなるタイミングを検出することによって同期タイミングの位置を再生することができる。そこで、有効シンボル長遅延部21では、フーリエ変換を行うデータ区間長だけ遅延し、自己相関演算部22においてS1と有効シンボル長遅延部21の出力との相関を演算する。

【0026】

次に、移動平均演算部23では、得られた相関信号に対し、所定の区間長の移動平均値を算出する。ここで、所定の区間長とは、例えばガード区間長を設定する。相関最大位置検出部24では、移動平均演算部23の出力から、最も信号の相関が大きくなる位置を検出し、その結果をもとにフーリエ変換を行うための初期のタイミング情報（以下、「初期同期タイミング信号」ともいう）を生成する。さらに、タイミングオフセット調整部25では、タイミングオフセット調整信号をもとに初期同期タイミング信号に対してオフセットを与え、タイミング情報である同期タイミング信号を生成する。タイミングオフセット調整部25における同期タイミングの調整は、シンボル間干渉が発生しないという制約条件の中で、到来波成分の最大遅延時間が最も小さくなるように行われる。ここで、タイミングオフセット調整信号は、制約条件のため最も遅延時間の小さな到来波成分の遅延時間に比例する信号とする必要がある。

【0027】

一方、フーリエ変換部1の出力は第1遅延調整部9において所定時間だけ遅延され、伝送路特性の推定結果である周波数内挿フィルタ部8から出力との関係で遅延調整が行われている。次に、第2除算部10は、第1遅延調整部9で遅延調

整された各サブキャリア成分を、周波数内挿フィルタ部 8 から出力されたサブキャリア成分に対応する伝送路特性で除算し、各サブキャリア成分を復調する。最後に、データ再生部 11 では、第 2 除算部 10 で復調されたサブキャリア成分の信号点配置から送信データを再生し、再生データ (S2) として出力する。

【0028】

なお、図 4 に示した第 1 遅延プロファイル推定部 7 の構成では、第 1 到来波判定部 74 において到来波を判定する際に、所定の閾値と逆フーリエ変換後の各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値とを比較するように構成している。しかし、本発明では相対レベル演算部 73 の出力のうち最もレベルの大きな各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値を基準とし、この基準値から所定のレベルだけ小さい値を閾値として到来波を判定するように構成しても良い。また、本発明では相対レベル演算部 73 の出力のうち最もレベルの小さな各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値を基準とし、この基準値から所定のレベルだけ大きい値を閾値として到来波を判定するように構成しても良い。

【0029】

さらに、図 4 に示した第 1 遅延プロファイル推定部 7 の構成では、第 1 到来波判定部 74 において到来波を判定する際に、相対レベル演算部 73 の出力である逆フーリエ変換後の各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値をそのまま利用して到来波の判定を行っている。しかし、本発明では相対レベル演算部 73 の出力である逆フーリエ変換後の各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値を各成分に所定の回数平均化し、その結果をもとに第 1 到来波判定部 74 において到来波を判定するように構成しても良い。また、本発明では相対レベル演算部 73 の出力である逆フーリエ変換後の各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値を各成分に所定の回数平均化し、サブキャリア成分の搬送波対雑音電力比が所定の値より大きい場合には平均化する前の結果をもとに第 1 到来波判定部 74 において到来波を判定するが、搬送波対雑音電力比が小さい場合には平均化した後の結果をもとに第 1 到来波判定部 74 において到来波を判定するように構成しても良い。

【0030】

以上のように、本実施の形態では、特定のサブキャリア成分を用いてパイロツ

ト信号を送信する直交周波数分割多重信号の復調装置又は復調方法であって、第 1 除算部 5 から出力されたパイロット信号の伝送路特性から伝送路の遅延プロファイルを推定し、遅延プロファイルに基づいて最大遅延時間に比例したフィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例したタイミングオフセット調整信号とを出力する第 1 遅延プロファイル推定部 7 と、第 1 遅延プロファイル推定部 7 から出力されたタイミングオフセット調整信号と直交周波数分割多重信号に基づいて、フーリエ変換部 1 において直交周波数分割多重信号をフーリエ変換するためのタイミング情報を生成する第 1 タイミング同期部 2 などを備えることを特徴とするので、推定した遅延プロファイルをもとにフーリエ変換を行う同期タイミングを調整しながら周波数内挿フィルタの帯域を制御するように構成でき、伝送路特性の推定時に周波数方向の内挿フィルタの通過帯域を必要最小限に抑えることが可能となる。また、不要な雑音成分が内挿フィルタを通過することによる受信性能の劣化を軽減することもできる。さらに、フーリエ変換後のパイロット信号を利用して遅延プロファイルを推定するように構成したため、遅延プロファイルを精度良く推定することができる。

【0 0 3 1】

また、本実施の形態では、第 1 遅延プロファイル推定部 7 が、信号ソート部 7 1 と、逆フーリエ変換部 7 2 と、逆フーリエ変換部 7 2 から出力された信号の振幅を算出し遅延プロファイルを推定する相対レベル演算部 7 3 と、第 1 到来波判定部 7 4 と、最大遅延時間演算部 7 5 と、同期タイミングオフセット演算部 7 6 とを備えるので、遅延プロファイルに基づいて最大遅延時間に比例したフィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例したタイミングオフセット調整信号とを出力することができる。

【0 0 3 2】

さらに、本実施の形態では、相対レベル演算部 7 3 が、逆フーリエ変換部 7 2 から出力された信号の振幅の 2 乗を算出し遅延プロファイルを推定するので、逆フーリエ変換部 7 2 から出力された信号の振幅の大きさのみから最大遅延時間に比例したフィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例したタイミングオフセット調整信号とを出力することができる。

【0033】

さらに、本実施の形態では、第1タイミング同期部2が、有効シンボル長遅延部21と、自己相関演算部22と、移動平均演算部23と、相関最大位置検出部24と、タイミングオフセット調整部25とを備えるので、伝送路特性の推定時に周波数方向の内挿フィルタの通過帯域を必要最小限に抑えることが可能な、直交周波数分割多重信号をフーリエ変換するためのタイミング情報を生成することができる。

【0034】

(実施の形態2)

実施の形態1では、第1除算部5から出力されたパイロット信号の伝送路特性から遅延プロファイルを推定する構成であったが、本実施の形態では、時間方向に内挿した伝送路特性をもとに遅延プロファイルを推定する実施の形態を示す。

【0035】

図6は、本実施の形態に係る直交周波数分割多重信号の復調装置を示すブロック図である。図6においてフーリエ変換部1、第1タイミング同期部2、パイロット抽出部3、既知信号生成部4、第1除算部5、時間内挿フィルタ部6、周波数内挿フィルタ部8、第1遅延調整部9、第2除算部10及びデータ再生部11は、実施の形態1と同じであり、詳細な説明は省略する。本実施の形態では、第2遅延プロファイル推定部12が、第1遅延プロファイル推定部7の代わりに設けられている点が異なる。そして、第2遅延プロファイル推定部12は、第1遅延プロファイル推定部7と異なり、第1除算部5からの出力ではなく時間内挿フィルタ部6からの出力に基づいて遅延プロファイルを推定する。

【0036】

第2遅延プロファイル推定部12の構成は、第1遅延プロファイル推定部7と同様であり、図4に示すブロック図となる。まず、信号ソート部71において、時間内挿フィルタ部6から出力されたパイロット信号と同一周波数成分を持つサブキャリア成分の伝送路特性を周波数の高低順に並べる。そして、逆フーリエ変換部72において、高低順に並べた、パイロット信号と同一周波数成分を持つサブキャリア成分の伝送路特性に対して逆フーリエ変換を行う。次に、相対レベル

演算部 73 において、逆フーリエ変換後の各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値を演算する。そして、第 1 到来波判定部 74 において、所定の閾値よりも大きな成分を到来波成分と判定し、その成分の存在する位置情報を同期基準タイミングとの相対値である遅延時間として出力する。

【0037】

そして、最大遅延時間演算部 75 では、第 1 到来波判定部 74 から出力された遅延時間のうち、最も遅延時間の大きな到来波成分を判定し、フィルタ帯域制御信号を出力する。また、同期タイミングオフセット演算部 76 では、第 1 到来波判定部 74 から出力された遅延時間のうち、最も遅延時間の小さな到来波成分を判定し、タイミングオフセット調整信号を出力する。

【0038】

なお、第 2 遅延プロファイル推定部 12 の構成では、第 1 到来波判定部 74 において到来波を判定する際に、所定の閾値と逆フーリエ変換後の各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値とを比較するように構成している。しかし、本発明では相対レベル演算部 73 の出力のうち最もレベルの大きな各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値を基準とし、この基準値から所定のレベルだけ小さい値を閾値として到来波を判定するように構成しても良い。また、本発明では相対レベル演算部 73 の出力のうち最もレベルの小さな各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値を基準とし、この基準値から所定のレベルだけ大きい値を閾値として到来波を判定するように構成しても良い。

【0039】

さらに、第 2 遅延プロファイル推定部 12 の構成では、第 1 到来波判定部 74 において到来波を判定する際に、相対レベル演算部 73 の出力である逆フーリエ変換後の各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値をそのまま利用して到来波の判定を行っている。しかし、本発明では相対レベル演算部 73 の出力である逆フーリエ変換後の各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値を各成分に所定の回数平均化し、その結果をもとに第 1 到来波判定部 74 において到来波を判定するように構成しても良い。また、本発明では相対レベル演算部 73 の出力である逆フーリエ変換後の各伝送路特性の振幅又は振幅の 2 乗値を各成分に所定の回数平均化し、サ

ブキャリア成分の搬送波対雑音電力比が所定の値より大きい場合には平均化する前の結果をもとに第1到来波判定部74において到来波を判定するが、搬送波対雑音電力比が小さい場合には平均化した後の結果をもとに第1到来波判定部74において到来波を判定するように構成しても良い。

【0040】

以上のように、本実施の形態では、第1遅延プロファイル推定部7に代え、時間内挿フィルタ部6から出力されたパイロット信号と同一周波数成分を持つサブキャリア成分の伝送路特性から伝送路の遅延プロファイルを推定し、遅延プロファイルに基づいて最大遅延時間に比例したフィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例したタイミングオフセット調整信号とを出力する第2遅延プロファイル推定部12を備え、第1タイミング同期部2が、第2遅延プロファイル推定部12から出力された遅延プロファイルと直交周波数分割多重信号に基づいて、フーリエ変換部1において直交周波数分割多重信号をフーリエ変換するためのタイミング情報を生成するので、伝送路特性の時間的な変化が激しい場合（例えば、受信機が自動車などの移動体に設置されており、これが高速で移動することによって伝送路特性が時間的に激しく変化する場合）においても精度良く遅延プロファイルを推定することができる。

【0041】

また、本実施の形態では、第2遅延プロファイル推定手段12が、パイロット信号と同一周波数成分を持つサブキャリア成分の伝送路特性を周波数の高低順に並べる信号ソート部71と、逆フーリエ変換部72と、逆フーリエ変換部72から出力された信号の振幅を算出し遅延プロファイルを推定する相対レベル演算部73と、第1到来波判定部74と、最大遅延時間演算部75と、同期タイミングオフセット演算部76とを備えるので、遅延プロファイルに基づいて最大遅延時間に比例したフィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例したタイミングオフセット調整信号とを出力することができる。

【0042】

（実施の形態3）

以上の実施の形態では、フーリエ変換を行う同期タイミングを調整しながら周

波数方向の内挿フィルタを制御するように構成されている。しかし、本実施の形態に係る直交周波数分割多重信号の復調装置では、フーリエ変換から出力されたサブキャリア成分に対して、サブキャリア成分の周波数に比例した位相回転を与え、周波数方向の内挿フィルタを制御するように構成されている点が異なる。

【0043】

図7は、本実施の形態に係る直交周波数分割多重信号の復調装置を示すブロック図である。図7においてフーリエ変換部1、パイロット抽出部3、既知信号生成部4、第1除算部5、時間内挿フィルタ部6、第1遅延プロファイル推定部7、周波数内挿フィルタ部8、第2除算部10及びデータ再生部11は、実施の形態1と同じであり、詳細な説明は省略する。本実施の形態では、第2タイミング同期部13が、第1タイミング同期部2とは異なりS1信号のみに基づいて同期タイミング信号を出力している。

【0044】

また、位相回転部14は、フーリエ変換部1の出力であるサブキャリア成分に対し、位相調整量算出部15の出力に応じた位相回転をサブキャリア成分ごとに与える。このとき、位相回転の大きさは各サブキャリア成分の周波数に比例する大きさになっており、この回転量に従って、パイロット抽出部3及び第1遅延調整部9に入力される信号の伝送路特性のスペクトラムは、所定の位置に移動されることになる。ここで、位相調整量算出部15は、第1遅延プロファイル推定部7から出力されるタイミングオフセット調整信号をもとに、位相回転部14で与えるべき位相調整量を算出している。さらに第1遅延調整部9では、位相回転部14の出力を所定時間だけ遅延し、周波数内挿フィルタ部8の出力との関係から遅延調整を行う。

【0045】

ここで、フーリエ変換の同期タイミングと位相回転部14の動作との関係について図8を用いて以下に説明する。図8は、本実施の形態に係るフーリエ変換を行うタイミングとパイロット信号の伝送路特性との関係を示した模式図である。つまり、図8は、サブキャリア成分に対し各サブキャリア成分の周波数に比例した位相回転を与えた場合、伝送路特性のスペクトルはどのように変化するのかを

図示したものである。まず、簡単のため、受信装置までの到来時間が異なる 2 つの到来波を受信したと仮定する。各到来波が加算された信号が受信波となるため、シンボル間干渉が発生しないようなタイミングでフーリエ変換を行う必要がある。ここで、フーリエ変換を行うタイミングは、同期タイミングと呼ばれる。

【0046】

図 8 (a) では、ガード区間と i 番目のシンボルからなる到来波 1 及び到来波 2 とが異なる到来時間で受信される様子が示されている。これら到来波 1 及び到来波 2 が加算された信号として、図 8 (a) には受信波が図示されている。なお、前後の網掛け部分は、シンボル間干渉の部分である。そのため、隣接するシンボルと干渉しないフーリエ変換を行うデータ区間は、例えば、図 8 (a) に示されているようなデータ区間がある。なお、データ区間の位置は同期タイミングにより決定される。図 8 (a) のデータ区間の場合、シンボル間干渉との境界に同期タイミングを設けている。なお、同期タイミングは唯一決定されるものではなく、到来波の到来時間差に依存した時間範囲以内であれば良い。

【0047】

次に、図 8 (a) では、到来波 1 のガード区間の最後尾を同期基準タイミングとする。これにより、データ区間をフーリエ変換して得られる信号に対する伝送路特性のスペクトルを図 8 (b) 及び図 8 (c) に示す。図 8 (b) 及び図 8 (c) は横軸を同期基準タイミングに対する遅延時間を表し、縦軸は到来波の振幅を表している。図 8 (b) は、位相回転部 14 において位相回転を与えない場合であり、本来の到来波の到来時間に、図 8 (a) で示した同期タイミングと同期基準タイミングの時間差 c の分が加えられている。そのため、図 8 (b) では、同期タイミングと同期基準タイミングの時間差 c の分だけ伝送路特性のスペクトルが移動することになり、見かけ上の到来波の遅延時間が大きくなる。

【0048】

これに対し、フーリエ変換部 1 から出力されるサブキャリア成分に対して、同期タイミングと同期基準タイミングの時間差を打ち消すような位相回転を与えた場合、図 8 (c) に示すように伝送路特性のスペクトルが位相回転の大きさに応じて移動し、到来波の遅延時間を小さくすることができる。これは、フーリエ変

換の持つ性質として、時間ドメイン信号での時間移動が周波数ドメインでは各周波数成分の位相回転に変換される性質があることによる。つまり、周波数ドメインにおいて時間移動に起因する位相変化を打ち消すような位相回転を与えることで、見かけ上時間ドメイン信号の時間移動分を打ち消すことができ、等価的に周波数ドメインでのスペクトルを操作できる。

【0049】

従って、位相調整量算出部15では、タイミングオフセット調整信号をもとに位相回転量を算出し、位相回転部14においてサブキャリア成分ごとに各サブキャリア成分の周波数に比例した位相回転を与える。位相調整量算出部15における位相回転量の調整は、シンボル間干渉が発生しないという制約条件の中で、到来波成分の最大遅延時間が最も小さくなるように行われる。ここで、タイミングオフセット調整信号は、制約条件のため最も遅延時間の小さな到来波成分の遅延時間に比例する信号とする必要がある。

【0050】

なお、第1遅延プロファイル推定部7の代わりに、実施の形態2において示した第2遅延プロファイル推定部12を利用し、時間内挿フィルタ部6の出力から遅延プロファイルを推定するような構成にしても良い。

【0051】

以上のように、本実施の形態では、第1タイミング同期部2に代えて、直交周波数分割多重信号のみに基づいてフーリエ変換を行うタイミング情報を生成する第2タイミング同期部13を備え、さらに、フーリエ変換部1から出力された複数のサブキャリア成分に対し、サブキャリア成分ごとに位相回転を与える位相回転部14と、第1遅延プロファイル推定部7又は第2遅延プロファイル推定部12から出力されたタイミングオフセット調整信号に基づいて、位相回転部14で与えるサブキャリア成分ごとの位相回転量を算出する位相調整量算出部15とを備え、パイロット抽出部3は、位相回転部から出力された複数のサブキャリア成分から複数のパイロット信号を抽出し、第1遅延調整部9は、位相回転部14から出力された複数のサブキャリア成分を所定量遅延させるので、フーリエ変換の同期タイミングを変更することなく伝送路特性の推定時に周波数方向の内挿フイ

ルタの通過帯域を必要最小限に抑えることができ、不要な雑音成分が内挿フィルタを通過することによる受信性能の劣化を軽減することができる。

【0052】

(実施の形態4)

実施の形態1では、フーリエ変換の同期基準タイミングを到来波のうち最も先行する到来波のガード区間の最後尾に設けていた。そして、このように設けた同期基準タイミングに基づいて、実施の形態1では、第1遅延プロファイル推定部7の出力により周波数方向の内挿フィルタの通過帯域を必要最小限に抑えるように構成している。一方、本実施の形態では、同期基準タイミングを最も先行する到来波のガード区間の最後尾以外に設けた場合に、第1遅延プロファイル推定部7の出力により周波数方向の内挿フィルタの通過帯域を必要最小限に抑えるような構成である。

【0053】

図9は、本実施の形態に係る直交周波数分割多重信号の復調装置を示すブロック図である。図9においてフーリエ変換部1、第1タイミング同期部2、パイロット抽出部3、既知信号生成部4、第1除算部5、時間内挿フィルタ部6、第1遅延プロファイル推定部7、周波数内挿フィルタ部8、第2除算部10及びデータ再生部11は、実施の形態1と同じであり、詳細な説明は省略する。本実施の形態においては、実施の形態1と異なり固定位相回転部16がフーリエ変換部1とパイロット抽出部3及び第1遅延調整部9との間に設けられている。この固定位相回転部16は、フーリエ変換部1から出力されたサブキャリア成分に対し、サブキャリア成分の周波数に比例した固定値の位相回転量を与える。また、第1遅延調整部9では、固定位相回転部16の出力を所定時間だけ遅延し、周波数内挿フィルタ部8の出力との関係から遅延調整を行う。

【0054】

フーリエ変換の同期タイミングは、シンボル間干渉が発生しないように決定されるが、実施の形態1では、同期タイミングの基準となる同期基準タイミングは最も先行する到来波におけるガード区間の最後尾に設けられていた。しかし、本実施の形態では、同期基準タイミングの位置は、最も先行する到来波におけるガ

ード区間の最後尾に限られず、最も先行する到来波におけるガード区間の最後尾よりも一定量だけ前方に来るように設けられる。図10に示すような到来波が1つのみの場合を考える。まず、実施の形態1のように到来波におけるガード区間の最後尾に設ける（同期基準タイミングA）と、同期タイミングが同期基準タイミングに対して左側にずれた（遅延時間が負）場合、データ区間Aはシンボル間干渉は生じないが、同期タイミングが同期基準タイミングに対して右側にずれた（遅延時間が正）場合は、データ区間Aは最後尾においてシンボル間干渉が生じることになる。一方、到来波におけるガード区間の最後尾よりもガード区間の半分だけ前方の位置に同期基準タイミングを設ける（同期基準タイミングB）と、同期タイミングが同期基準タイミングに対して左右どちら側にずれた場合でも、データ区間Bはシンボル間干渉を生じることはない。つまり、ガード区間の最後尾を同期基準タイミングとする場合に比べ、同期タイミングの生成誤差によるシンボル間干渉の発生頻度を少なくすることができる。

【0055】

ガード区間の最後尾と異なる位置に同期基準タイミングが設定されている場合は、ガード区間の最後尾から同期基準タイミングまでの時間差分だけ、フーリエ変換から出力されたサブキャリア成分に対して固定値の位相回転量を与えれば良い。本実施の形態では、同期基準タイミングの位置に対応した位相回転量を固定位相回転部16でサブキャリア成分に与えている。そのため、同期基準タイミングを任意の位置に設けても、それに対応する位相回転量を固定位相回転部16でサブキャリア成分に与えれば、第1除算部5の出力における伝送路特性のスペクトルを実施の形態1と同様に制御することができる。

【0056】

ただし、第1除算部5の出力における伝送路特性のスペクトルは、同期基準タイミングの位置に対して正及び負の領域にも存在しうるため、第1タイミング同期部2に入力されるタイミングオフセット調整信号は、最も遅延時間の大きい到来波の遅延時間と、最も遅延時間の小さい到来波の到来時間との和の $1/2$ に比例する信号として与えられる。なお、タイミングオフセット調整信号は、最も遅延時間の大きい到来波の遅延時間と、最も先行する到来波の到来時間との和の 1

／2に比例する信号でも良い。また、フィルタ帯域制御信号は、同期基準タイミングから最も到来時間差の大きい時間に比例する信号として与えられる。周波数内挿フィルタ部8では、このようなフィルタ帯域制御信号に応じて内挿フィルタが決定される。

【0057】

なお、第1遅延プロファイル推定部7の代わりに、実施の形態2において示した第2遅延プロファイル推定部12を利用し、時間内挿フィルタ部6の出力から遅延プロファイルを推定するような構成にしても良い。また、第1タイミング同期部2が、S1を生成するためのアナログ／デジタル変換の動作クロックを制御することによって同期タイミング信号を制御していても良い。例えば、同期タイミングAと同期タイミングBとが4クロック分ずれた位置にある場合に、同期タイミングAを同期タイミングBに移動する方法として、次の2つの方法が考えられる。まず、1つの方法としてアナログ／デジタル変換の動作クロックを4クロック後のタイミングにずらすことで新しい同期タイミングとする方法がある。別の方法として、アナログ／デジタル変換の動作クロックの周波数を一旦ずらし、カウンタの実際の周期を変化させた後、本来の周波数に戻して同期タイミングをAからBに移動させる方法がある。

【0058】

以上のように、実施の形態4では、同期基準タイミングが直交周波数分割多重信号に含まれるガード期間の最後尾以外に設けられている場合に、フーリエ変換部1から出力された複数のサブキャリア成分に対し、サブキャリア成分ごとに所定の位相回転量を与える固定位相回転部16をさらに備え、パイロット抽出部3が、固定位相回転部16から出力された複数のサブキャリア成分から複数のパイロット信号を抽出し、第1遅延調整部9が、固定位相回転部16から出力された複数のサブキャリア成分を所定量遅延させるので、フーリエ変換の出力に対してサブキャリア成分の周波数に比例した固定値の位相回転をサブキャリア成分ごとに与えることができ、第1遅延プロファイル推定部7の出力に基づいて周波数方向の内挿フィルタの通過帯域を制御できるため、フーリエ変換の同期タイミングの基準位置が先行到来波のガード区間の最後尾以外である場合であっても、不要

な雑音成分が内挿フィルタを通過することによる受信性能の劣化を軽減することができる。

【0059】

【発明の効果】

本発明に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置は、特定のサブキャリア成分を用いてパイロット信号を送信する直交周波数分割多重信号の復調装置であって、第1除算部から出力されたパイロット信号の伝送路特性から伝送路の遅延プロファイルを推定し、遅延プロファイルに基づいて最大遅延時間に比例したフィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例したタイミングオフセット調整信号とを出力する第1遅延プロファイル推定部と、第1遅延プロファイル推定部から出力されたタイミングオフセット調整信号と直交周波数分割多重信号に基づいて、フーリエ変換部において直交周波数分割多重信号をフーリエ変換するためのタイミング情報を生成する第1タイミング同期部と、時間内挿フィルタ部から出力されたサブキャリア成分の伝送路特性を周波数方向に内挿し、第1遅延プロファイル推定部から出力されたフィルタ帯域制御信号に基づいて通過帯域が制限されたサブキャリア成分の伝送路特性を算出する周波数内挿フィルタ部などを備えるので、推定した遅延プロファイルをもとにフーリエ変換を行う同期タイミングを調整しながら周波数内挿フィルタの帯域を制御するように構成でき、伝送路特性の推定時に周波数方向の内挿フィルタの通過帯域を必要最小限に抑えることが可能となる。また、不要な雑音成分が内挿フィルタを通過することによる受信性能の劣化を軽減することもできる。さらに、フーリエ変換後のパイロット信号を利用して遅延プロファイルを推定するように構成したため、遅延プロファイルを精度良く推定することができる効果がある。

【0060】

また、本発明に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置では、推定した遅延プロファイルをもとにフーリエ変換を行う同期タイミングを調整しながら周波数内挿フィルタの帯域を制御するように構成されているため、伝送路特性の推定時に周波数方向の内挿フィルタの通過帯域を必要最小限に抑えることができ、不要な雑音成分が内挿フィルタを通過することによる受信性能の劣化を軽減すること

ができるという効果がある。また、フーリエ変換後のパイロット信号を利用して遅延プロファイルを推定するように構成したため、遅延プロファイルを精度良く推定することができるという効果がある。さらに、推定した遅延プロファイルをもとに、フーリエ変換出力に対して適当な位相回転を与えながら周波数内挿フィルタの帯域を制御するように構成されている直交周波数分割多重信号の復調装置では、伝送路特性の推定時に周波数方向の内挿フィルタの通過帯域を必要最小限に抑えることができ、不要な雑音成分が内挿フィルタを通過することによる受信性能の劣化を軽減することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 に係る直交周波数分割多重信号の復調装置を示すブロック図である。

【図 2】 本発明の実施の形態 1 に係るパイロット信号の配置図である。

【図 3】 本発明の実施の形態 1 に係るフーリエ変換を行うタイミングとパイロット信号の伝送路特性との関係を示した模式図である。

【図 4】 本発明の実施の形態 1 に係る第 1 遅延プロファイル推定部のブロック図である。

【図 5】 本発明の実施の形態 1 に係る第 1 タイミング同期部のブロック図である。

【図 6】 本発明の実施の形態 2 に係る直交周波数分割多重信号の復調装置を示すブロック図である。

【図 7】 本発明の実施の形態 3 に係る直交周波数分割多重信号の復調装置を示すブロック図である。

【図 8】 本発明の実施の形態 3 に係るフーリエ変換を行うタイミングとパイロット信号の伝送路特性との関係を示した模式図である。

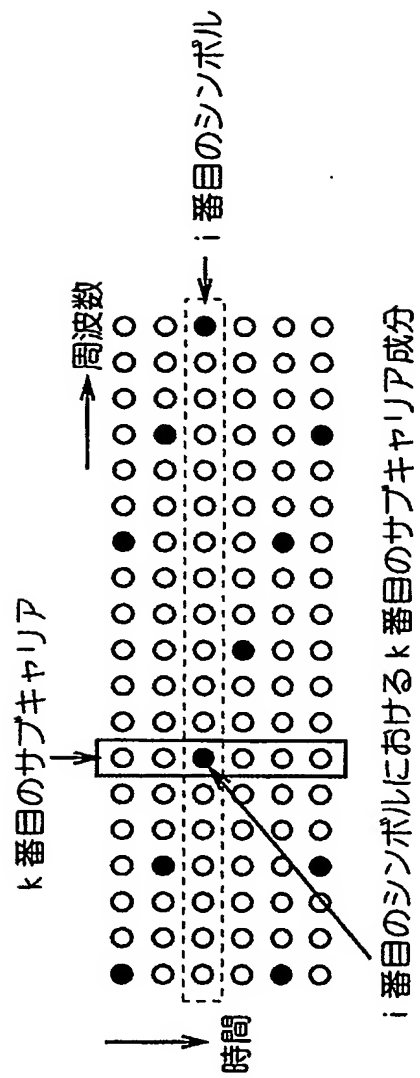
【図 9】 本発明の実施の形態 4 に係る直交周波数分割多重信号の復調装置を示すブロック図である。

【図 10】 本発明の実施の形態 4 に係るフーリエ変換を行うタイミングを示した模式図である。

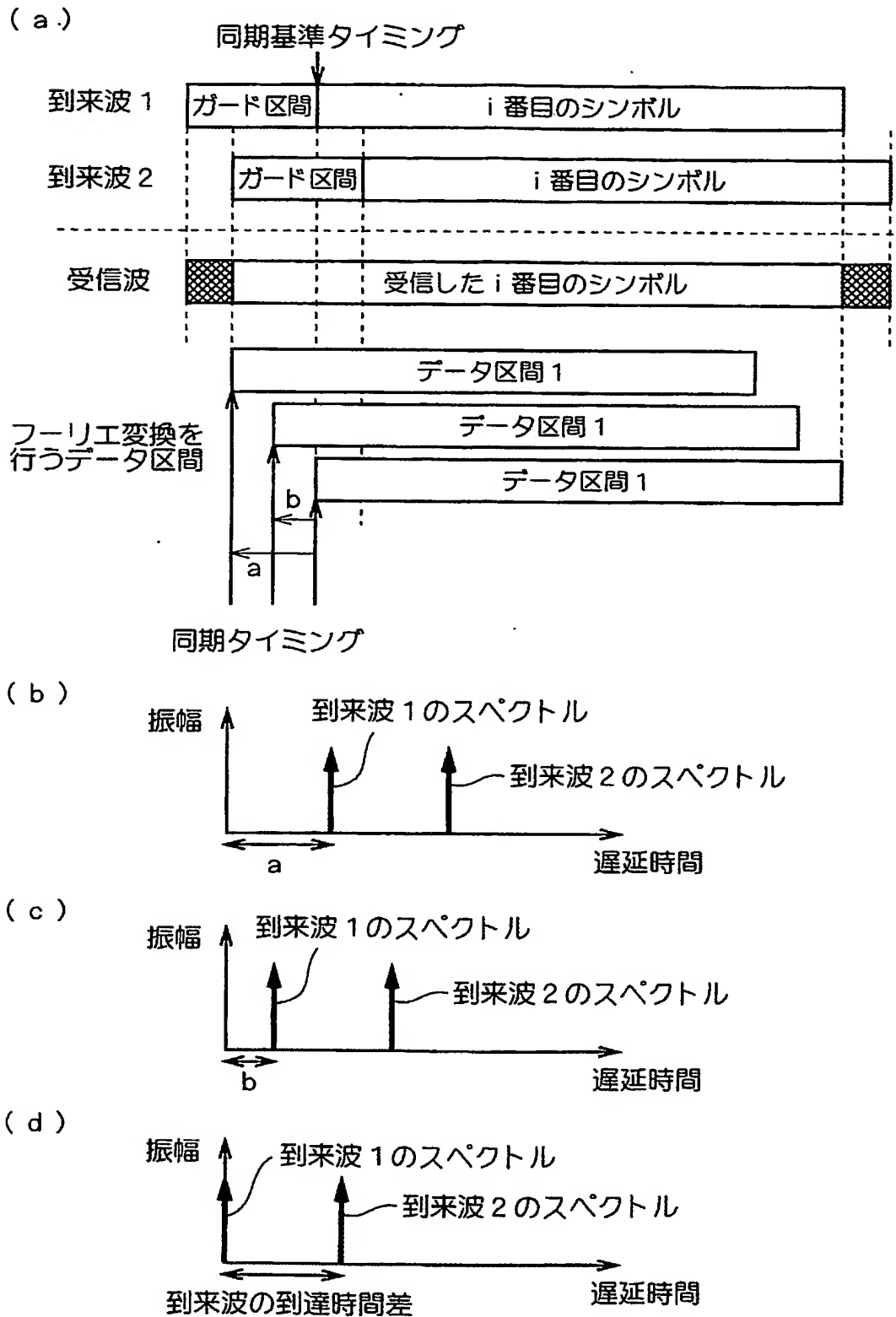
【符号の説明】

1 フーリエ変換部、2 第1タイミング同期部、3 パイロット抽出部、4 既知信号生成部、5 第1除算部、6 時間内挿フィルタ部、7 第1遅延プロファイル推定部、8 周波数内挿フィルタ部、9 第1遅延調整部、10 第2除算部、11 データ再生部、12 第2遅延プロファイル推定部、13 第2タイミング同期部、14 位相回転部、15 位相調整量算出部、16 固定位相回転部、21 有効シンボル長遅延部、22 自己相関演算部、23 移動平均演算部、24 相関最大位置検出部、25 タイミングオフセット調整部、71 信号ソート部、72 逆フーリエ変換部、73 相対レベル演算部、74 第1到来波判定部、75 最大遅延時間演算部、76 同期タイミングオフセット演算部。

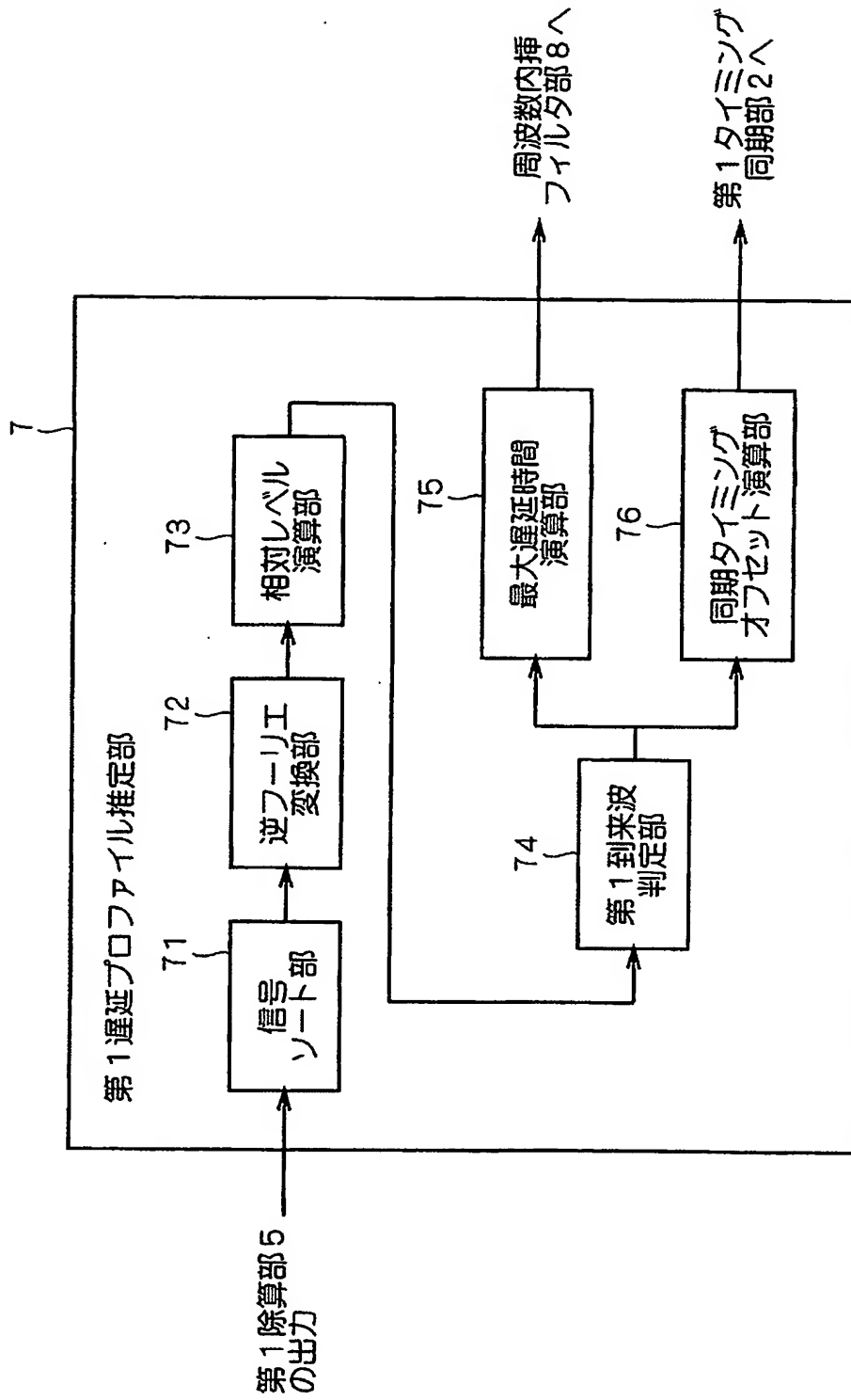
【図 2】



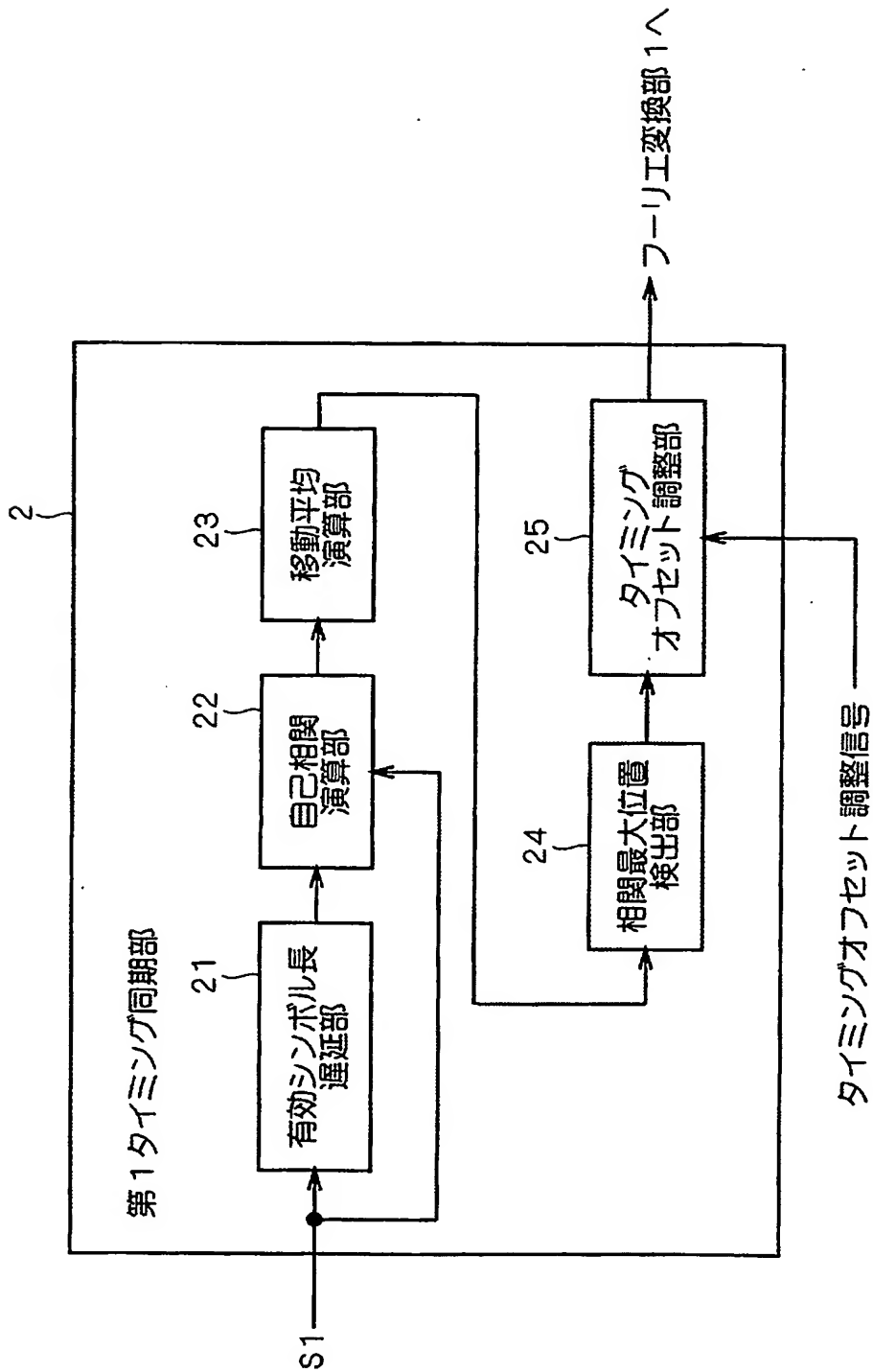
【図 3】



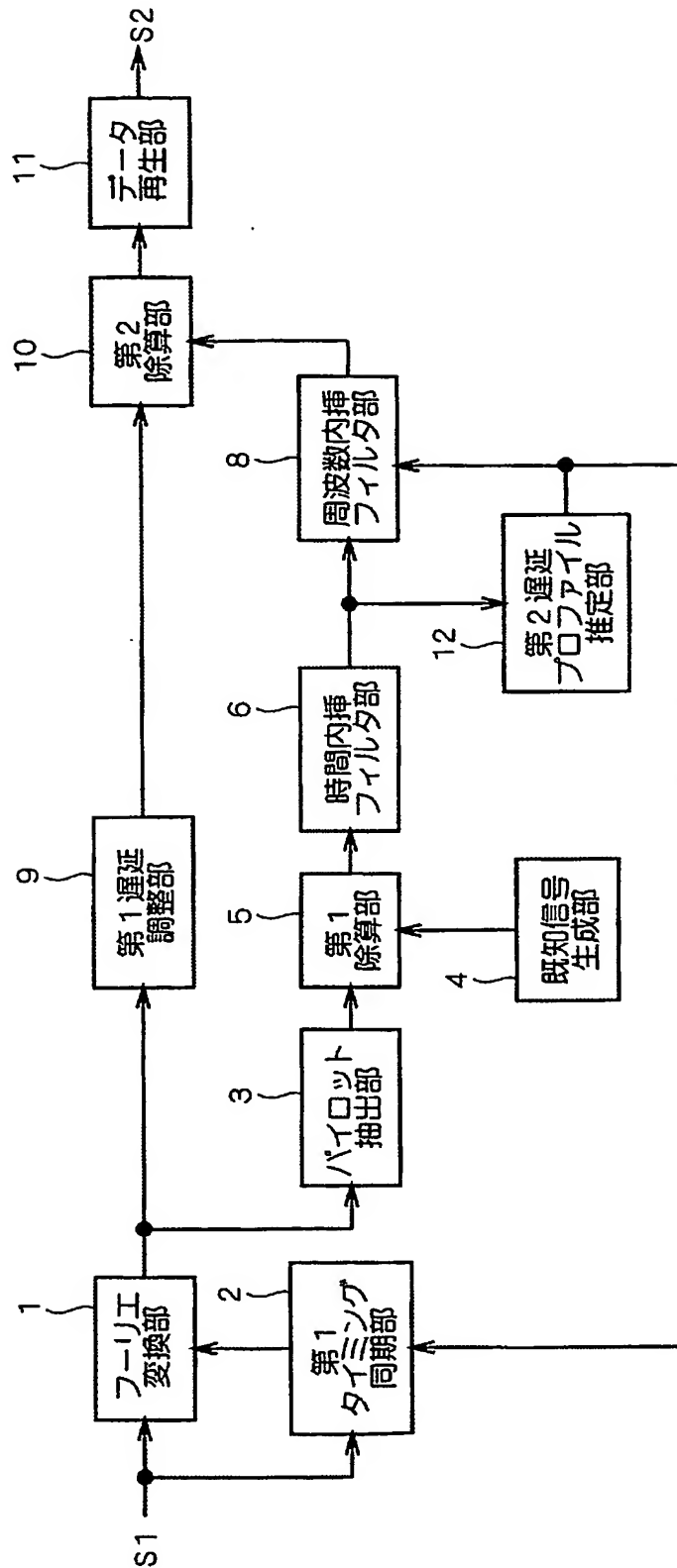
【図 4】



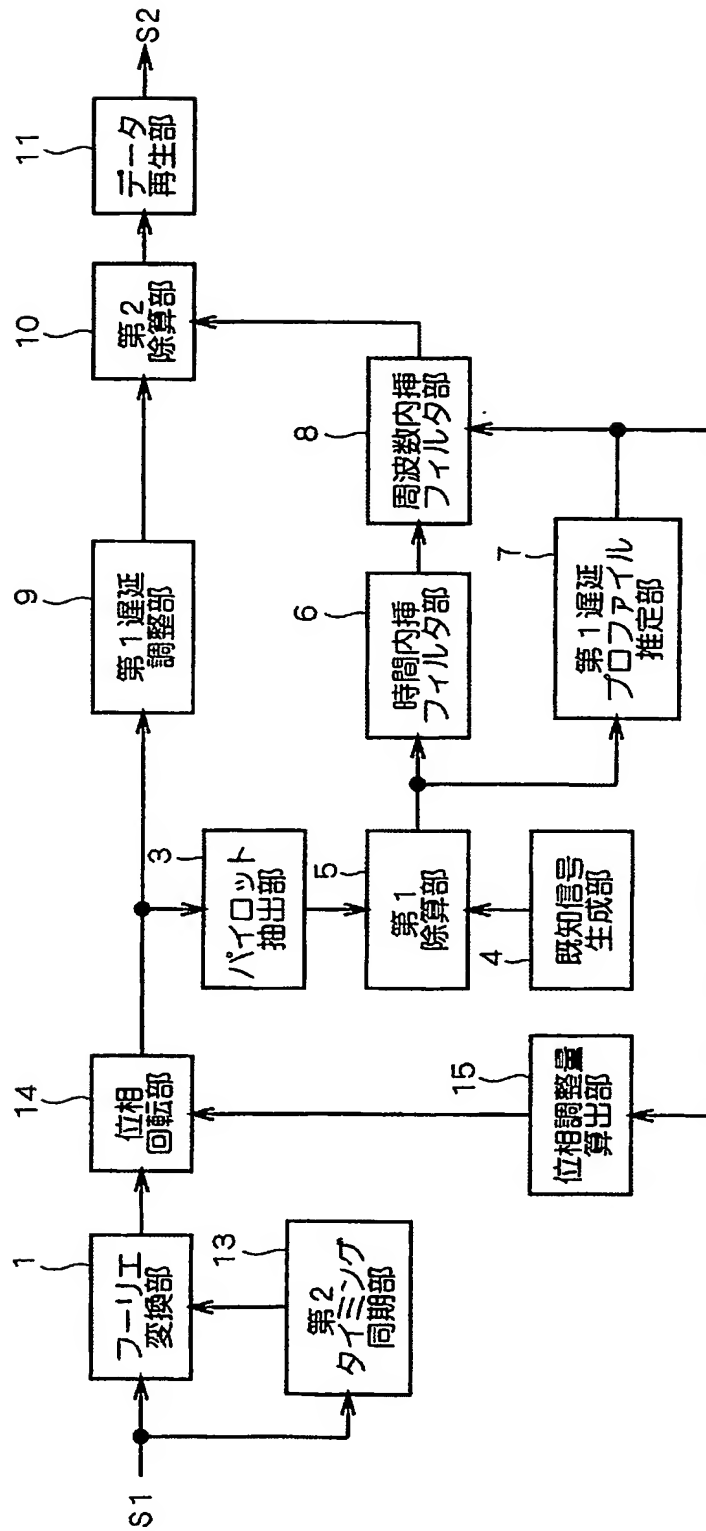
【図 5】



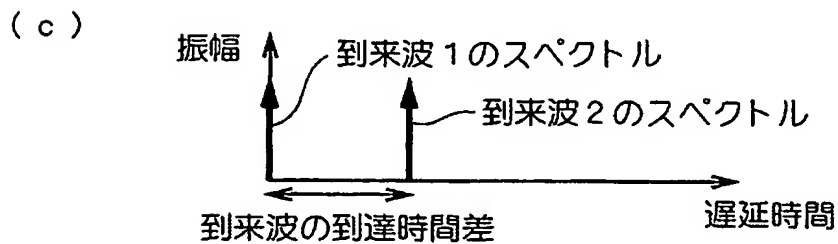
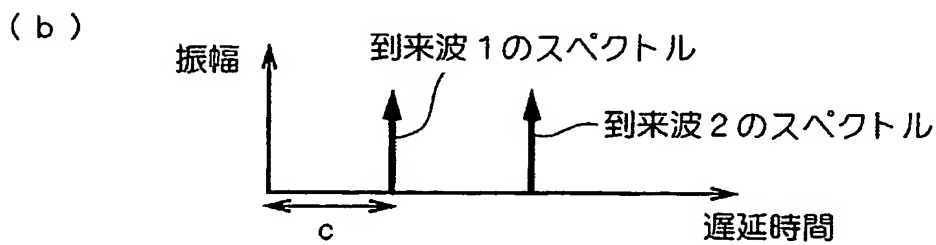
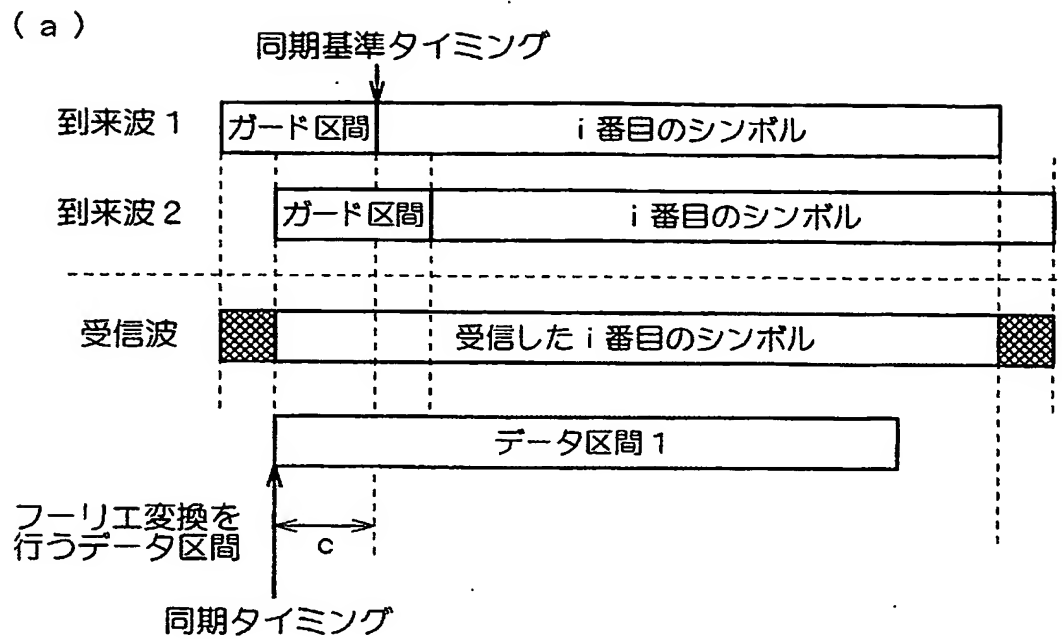
【図 6】



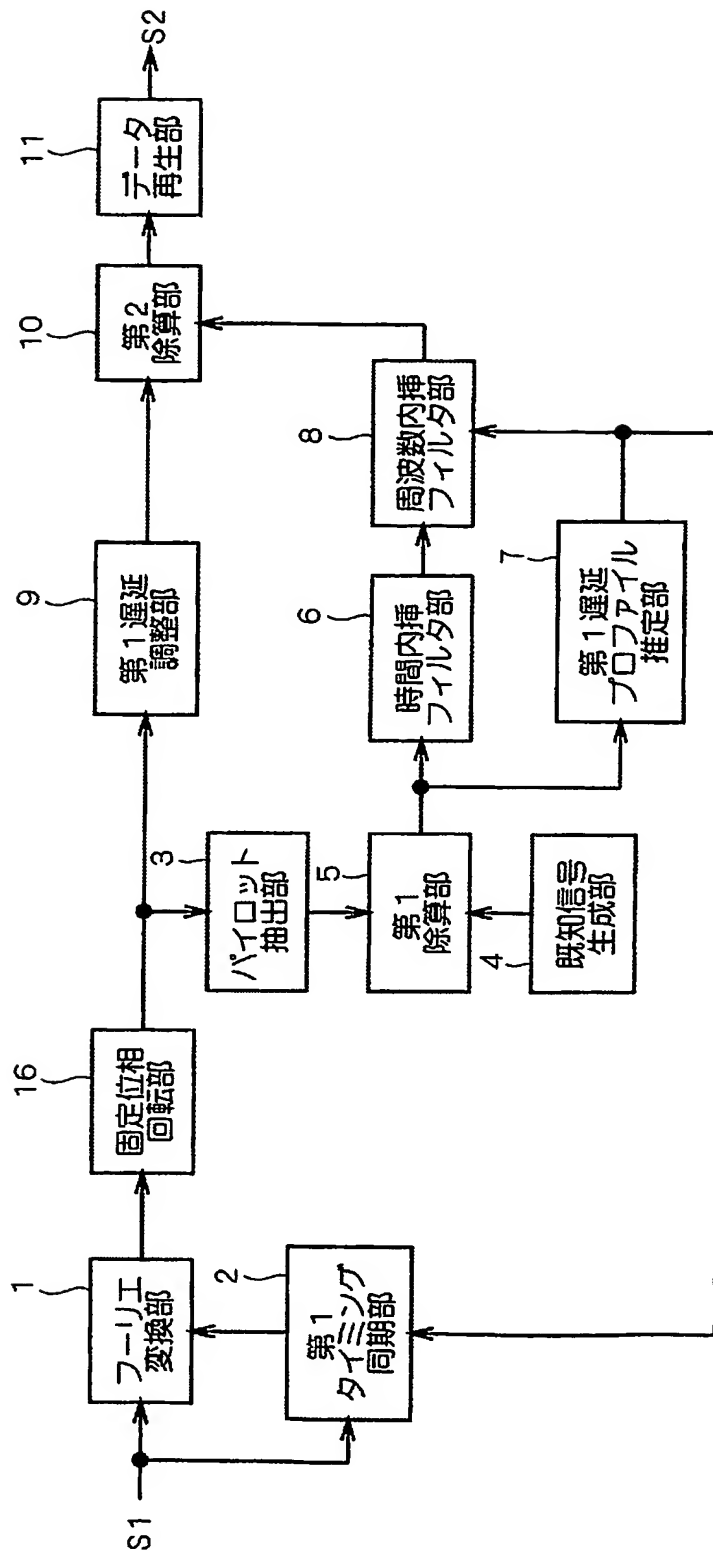
【図 7】



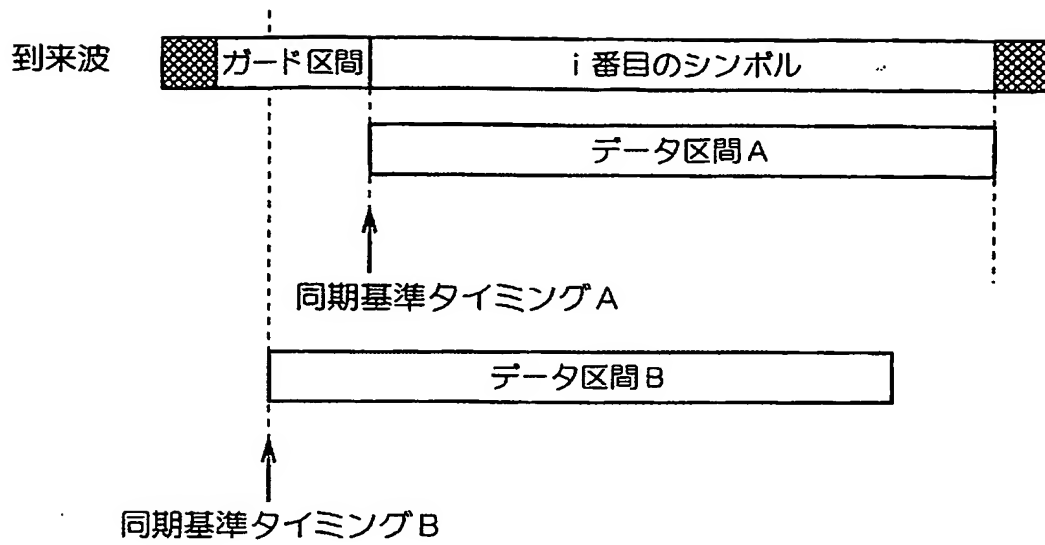
【図 8】



【図9】



【図 10】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 推定した遅延プロファイルを利用して、内挿フィルタの通過帯域とフーリエ変換を行うタイミングを制御し、不必要な雑音成分を抑圧して各サブキャリア成分の復調を行う直交周波数分割多重信号の復調装置を提供する。

【解決手段】 特定のサブキャリア成分を用いてパイロット信号を送信する直交周波数分割多重信号の復調装置であって、第1除算部5から出力されたパイロット信号の伝送路特性から伝送路の遅延プロファイルを推定し、最大遅延時間に比例したフィルタ帯域制御信号と最小遅延時間に比例したタイミングオフセット調整信号とを出力する第1遅延プロファイル推定部7と、第1遅延プロファイル推定部7から出力されたタイミングオフセット調整信号と直交周波数分割多重信号に基づいて、フーリエ変換部1において直交周波数分割多重信号をフーリエ変換するためのタイミング情報を生成する第1タイミング同期部2を備える。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 1 3 2 5 4 4

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 0 1 3]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 4 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 2 丁目 2 番 3 号

氏 名

三菱電機株式会社